

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- ☒ posudek vedoucího
☒ diplomové práce

Autorka: Barbora Bezděková

Název práce: Elektromagnetické vlny v disperzních a refraktivních relativistických systémech

Studijní program a obor: Fyzika, Teoretická fyzika

Rok odevzdání: 2019

Jméno a tituly vedoucího: Jiří Bičák, prof., RNDr., dr.h.c.

Pracoviště: Ústav teoretické fyziky

Kontaktní e-mail: jiri.bicak@mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- ☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

Věcné chyby:

- ☒ téměř žádné ☐ vzhledem k rozsahu přiměřený počet ☐ méně podstatné četné ☐ závažné

Výsledky:

- ☐ originální ☒ původní i převzaté ☐ netriviální kompilace ☐ citované z literatury ☐ opsané

Rozsah práce:

- ☐ veliký ☒ standardní ☐ dostatečný ☐ nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- ☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

Tiskové chyby:

- ☒ téměř žádné ☐ vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet ☐ četné

Celková úroveň práce:

- ☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

Diplomová práce Mgr. Barbory Bezděkové je věnována teoretickému popisu šíření záření v refraktivních a disperzivních prostředích (například v plazmatu) v situacích, kdy významnou roli hrají relativistické efekty. Mohou být vyvolány pohybem prostředí relativistickými rychlostmi v plochem (Minkowského) prostoročase anebo pohybem v křivém prostoročase obecné relativity, například v okolí černé díry. Elektromagnetické záření je popisováno v rámci aproximace geometrické optiky, kdy lze efektivně využít hamiltonovského formalismu.

Spolu s Petrem Hadravou z Astronomického ústavu ČAV jsme se podobné tématice věnovali v práci publikované v roce 1975, poté se jí věnoval jako můj diplomant Vladimír Balek, dnes docent Katedry teoretické fyziky na Komenského univerzitě v Bratislavě. Proč jsem Barboře Bezděkové navrhl studovat tuto tematiku po řadě let bylo dáno několika důvody: Barbora Bezděková vystudovala specializaci „fyzika plazmatu“, ač ne metodami teoretické fyziky, a na katedře Fysika povrchů a plazmatu pokračuje studium jako doktorandka; v několika posledních letech se problematice po letech nově věnovali různí vynikající odborníci jako G. Bisnovatyi-Kogan, jeden z nejvýraznějších členů bývalé skupiny Ya. B. Zel'doviče a další; v současnosti jsou díky rozvoji počítačových metod mnohem lepší možnosti ilustrovat výsledky řešení různých problémů; v Balekově diplomové práci byly studovány některé problémy právě pouze kvalitativně a nabízela se možnost hlubší, kvantitativní analýzy.

Barbora Bezděková se ve své diplomové práci věnovala úspěšně všem uvedeným novým aspektům dané problematiky. V krátkém obecném úvodu o šíření světla ve Vesmíru, vlivu gravitace a prostředí, zvláště plazmatu, jsou zmíněny také hlavní zdroje z literatury, včetně té novější a je stručně popsán obsah práce. Relativistické geometrické optice, především její elegantní formulaci v rámci hamiltonovského formalismu, je věnována první kapitola. V rozsáhlejší druhé kapitole je podán užitečný přehled novějších výsledků o šíření světla v plazmatu ve slabých relativistických gravitačních polích, o gravitačním čočkování a dalších efektech podle prací Bisnovatyi-Kogana a Tsupka z let 2010-2013. Charakterizovány jsou i novější práce dalších autorů o čočkování v prostředí a v silných polích (například Kerrově), o vlivu plazmatu na profily pulzů od neutronových hvězd, metody sledování paprsků a konečně v závěru kapitoly nejnovější výsledky o „stínu“ rotující černé díry obklopené plazmatem, obsažené v práci Perlicka a Tsupka z roku 2017. Třetí kapitola shrnuje především výsledky práce Andersona a Spiegela využívající tzv. optické metriky pro studium šíření záření v relativisticky se pohybujícím prostředí (se zkreslením v horizontálně se pohybujících vrstvách či v prostředí se sférickou expanzí) v plochem prostoročase. Popsán je také Lercheho způsob vyšetřování problému pomocí přechodu mezi sousedními vrstvami prostřednictvím Lorentzových transformací.

Poslední, čtvrtá kapitola obsahuje původní výsledky autorky. Vychází z několika problémů, které kvalitativně studoval V. Balek, a přidává k nim některé další jako studium šíření záření v Kerrově prostoročase v prostředí jak rotujícím kolem černé díry tak padajícím k černé díře. Numericky studuje a graficky ilustruje paprsky v diferenciálně zkresleném prostředí horizontálně se pohybujícím v plochem prostoročase. Rozdílné chování paprsků pro indexy lomu větší či menší hodnoty než ve vakuu jsou zvláště pěkně ilustrovány na obr. 4.1, v diferenciálně rotujícím prostředí pak v obr. 4.2. Přitom se vychází z hamiltonovského formalismu, který je mnohem efektivnější než Lercheho postupy zmíněné v kapitole 3. Z hamiltonovského formalismu při popisu paprsků se vychází také v případě prostředí v Kerrově prostoročase, kde jsou pečlivě studovány oblasti přístupné pro paprsky s různými impaktními parametry v prostředích s různými indexy lomu a jsou ilustrovány v numericky konstruovaných obrázcích 4.4 (pro-vzhledem k černé díře-korotující i kontrarotující prostředí) a v obr. 4.5 pro prostředí pohybující se „radiálně“. Hlavní výsledky práce jsou shrnuty v závěru práce, po němž na dvou stranách následuje seznam použité literatury.

Autorka práce postupovala značně samostatně, i v přehledových částech některé aspekty originálně ilustrovala, jak argumentačně, tak pomocí obrázků, nalezla a okomentovala nové práce nedávno publikované. Obsah čtvrté kapitoly může dobře sloužit jako podklad k publikaci (pravděpodobně spolu s V. Balkem). Práce je napsána solidní angličtinou, ani komplikované matematické formule neobsahují překlepy. Barbora Bezděková má velký „zest“ a energii dělat tvůrčí práci v teoretické fyzice, její diplomovou práci bylo radostí vést. V důsledku pobytu v zahraničí se nebudu moci zúčastnit obhajoby, věřím, že proběhne ke spokojenosti komise. Navrhuji hodnotit práci stupněm „výborně“.

V Praze, 16. 8. 2019

Jiří Bičák

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Práci

☒ doporučuji

☐ nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

☒ výborně ☐ velmi dobře ☐ dobře ☐ neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího: Praha, 16.8.2019

Jiří Bičák